

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-077750

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

H01S 3/06
H01S 3/042
H01S 3/094
H01S 3/16

(21)Application number : 10-243277

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 28.08.1998

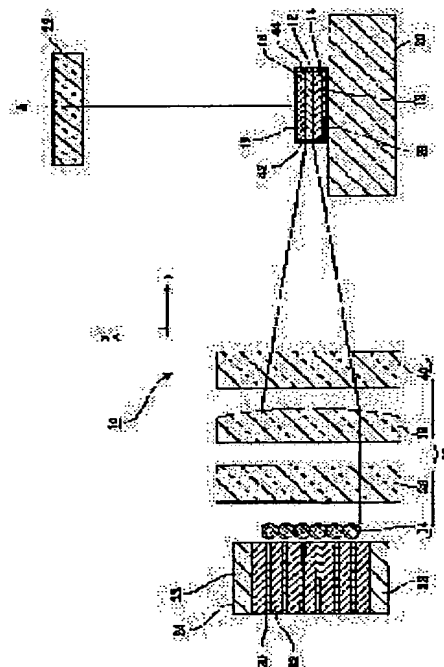
(72)Inventor : KAWASHIMA TOSHIYUKI
SUGA HIROBUMI

(54) SOLID LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To miniaturize a solid laser and to enhance the excitation efficiency of the laser by a method wherein excitation light is made incident in the side surface of a tabular laser medium, and clad members of a small refractive index are provided in contact to the laser medium.

SOLUTION: Excitation light outputted from a semiconductor laser 24 is condensed by a group 26 of condensing lenses and the excitation light is incident in the side surface of a laser medium 12. Here, as lower and upper clads 14 and 16 are formed of a YAG crystal, the refractive index of the clads 14 and 16 is 1.82. To this refractive index, as the medium 12 is formed of a Yb: YAG crystal doped with a Yb to the YAG crystal, the refractive index of the medium 12 becomes higher by 0.1 to 0.2% or thereabouts to that of the clads 14 and 16. Accordingly, the light incident in the interface between the medium 12 and the clad 14 or the interface between the medium 12 and the clad 16 at an angle larger than a critical angle is reflected totally on this interface and results in being confined in the medium 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-77750
(P2000-77750A)

(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード(参考)
H 0 1 S	3/06	H 0 1 S	5 F 0 7 2
	3/042		
	3/094		L
	3/16		S

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-243277

(22)出願日 平成10年8月28日(1998.8.28)

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 川嶋 利幸

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72)発明者 菅 博文

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

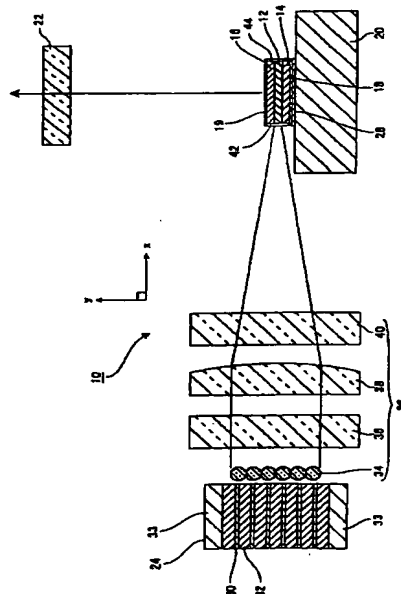
Fターム(参考) 5F072 AB01 AK04 FF09 JJ01 JJ02
JJ12 KK03 KK06 KK26 KK30
PP07 QQ06 RR01 TT04 TT22

(54)【発明の名称】 固体レーザー装置

(57)【要約】

【課題】 小型で、励起効率の高い固体レーザー装置を提供する。

【解決手段】 固体レーザー装置10は、Yb:YAG結晶からなる平板状のレーザー媒質12と、レーザー媒質12を挟むように接して設けられ、レーザー媒質12よりも屈折率の小さいYAG結晶からなる平板状の下側クラッド14及び上側クラッド16と、下側クラッド14の下部に設けられた誘電体多層膜18と、誘電体多層膜18を介して下側クラッド14の下部に設けられたヒートシンク20と、レーザー媒質12を挟んで誘電体多層膜18と対向して配置された出力ミラー22と、レーザー媒質12を励起する励起光を出力する半導体レーザー24と、半導体レーザー24から出力された光を集光し、レーザー媒質12の側面に入射させる集光レンズ群26を備えて構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 平板状のレーザ媒質と、

前記レーザ媒質よりも小さい屈折率を有する材料によって平板状に形成され、その一方の主面を前記レーザ媒質の一方の主面と接して設けられたクラッド部材と、前記クラッド部材の他方の主面に接して設けられた反射膜と、

前記反射膜を介して、前記クラッド部材の前記他方の主面側に設けられたヒートシンクと、

前記レーザ媒質を挟んで、前記反射膜と対向して配置された半透明鏡と、

前記レーザ媒質を励起する励起光を出力する光源と、前記光源から出力された励起光を集光し、前記レーザ媒質の側面に入射させる集光手段とを備えたことを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項2】 前記クラッド部材と略等しい屈折率を有する材料によって平板状に形成され、その一方の主面を前記レーザ媒質の他方の主面と接して設けられた第2のクラッド部材をさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の固体レーザ装置。

【請求項3】 前記集光手段は、前記光源から出力された光を、前記レーザ媒質の側面の厚さ方向に集光させる第1の光束変換手段と、前記光源から出力された光を、前記レーザ媒質の側面の幅方向に集光若しくは拡散させる第2の光束変換手段とを備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の固体レーザ装置。

【請求項4】 前記反射膜は誘電体多層膜であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の固体レーザ装置。

【請求項5】 前記クラッド部材は、YAG結晶から形成されており、

前記レーザ媒質は、YAG結晶にYbをドープしたYb:YAG結晶から形成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、固体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 固体レーザ装置は、小型の装置から比較的大出力のレーザ光を得ることができるため、従来から材料加工、医療等の分野において広く用いられている。また昨今では、さらなる大出力化に向けて、種々の研究、開発がなされている。

【0003】 固体レーザ装置は通常、レーザ発振を起こさせるレーザ媒質と、レーザ媒質に励起光を照射する励起光源と、レーザ媒質を挟んで共振器を構成する1対の反射鏡を備えて構成される。レーザ媒質は、一般に円形ビームを出力するため、ロッド状（円柱形状）に形成さ

れ、かかるロッドの軸方向にレーザ光が出力される。

【0004】 しかし、ロッド状のレーザ媒質においては、ロッドの中芯部の温度が表面部の温度と比較して高くなり、この温度分布によって熱レンズ効果が生じ、レーザ光の発生効率が低下してしまう。

【0005】 このため、大出力の固体レーザ装置には、例えば“Multiwatt diode-pumped Yb:YAG thin disk laser continuously tunable between 1018 and 1053 nm”, OPTICS LETTERS Vol.20, No.7, pp.713-pp.715 (April 1, 1995) に示されるように、平板状のレーザ媒質をヒートシンク上に載せた構造が採用される。ここで、薄い平板状のレーザ媒質に、その主面から励起光を入射させる場合は、レーザ媒質内における励起光の光路長が小さくなり、励起効率が低下する。そこで、上記文献に記載の半導体レーザ1は、図5に示すような構成となっている。すなわち、ファイバ結合型半導体レーザ2から出射された励起光を、複数の集光ミラー3及び反射ミラー4を介して、ヒートシンク5上に載置された平板状のレーザ媒質6に対して、その主面から複数回照射し、出力ミラー7を介してレーザ光を出力するという構成である。固体レーザ装置1をかかる構成とすることで、励起光は、レーザ媒質5内を厚さ方向に計8回通過することになる。その結果、レーザ媒質6内を通過する励起光の光路長が長くなり、励起効率を高めることが可能となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記固体レーザ装置1には、以下に示す問題点があった。すなわち、上記固体レーザ装置1は、複数の集光ミラー3及び反射ミラー4を必要とするため、装置が大型化してしまうとともに、各集光ミラー3及び反射ミラー4の光軸を調整することが著しく困難になる。

【0007】 また、レーザ媒質6をヒートシンク5上に載置する場合は、冷却効率を考慮して、In膜などの接着物質を介してレーザ媒質6とヒートシンク5とを密着させる必要がある。しかし、かかる接着物質を用いると、接着物質とレーザ媒質6との界面における励起光の散乱により、励起効率が低下してしまう。

【0008】 ここで、レーザ媒質6とIn膜との間に誘電体多層膜ミラーを設けることも考えられるが、励起光は、集光ミラー3及び反射ミラー4によって様々な方向からレーザ媒質6に入射するため、最適な反射特性を有する誘電体多層膜ミラーを設計することが不可能となる。

【0009】 また、レーザ媒質6へ入射する励起光の吸収効率を高めるべく、活性イオンである希土類（例えばYbイオン）を高濃度にドープすることも考えられるが、この場合は、励起されない活性イオンによるYAGレーザ光の吸収が起こり、レーザ発振のしきい値が高くなるため、半導体レーザから固体レーザへの光変換効率が低下する。また、この光変換効率の低下を回避すべ

く、レーザ媒質6を厚くして吸収長を長くする場合は、レーザ媒質6自体の体積が大きくなり、冷却効率が低下する。

【0010】そこで本発明は、上記問題点を解決し、小型に構成できるとともに、励起効率の高い固体レーザ装置を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の固体レーザ装置は、平板状のレーザ媒質と、レーザ媒質よりも小さい屈折率を有する材料によって平板状に形成され、その一方の主面をレーザ媒質の一方の主面と接して設けられたクラッド部材と、クラッド部材の他方の主面に接して設けられた反射膜と、反射膜を介して、クラッド部材の他方の主面側に設けられたヒートシンクと、レーザ媒質を挟んで、反射膜と対向して配置された半透明鏡と、レーザ媒質を励起する励起光を出力する光源と、光源から出力された励起光を集光し、レーザ媒質の側面に入射させる集光手段とを備えたことを特徴としている。

【0012】集光手段によって光源から出力された光を集光し、レーザ媒質の側面に入射させることで、レーザ媒質内に入射した励起光は、レーザ媒質内を主面に平行に近い方向に通過することになる。その結果、集光レンズ、反射ミラー等の光学手段を用いることなく、レーザ媒質内を通過する励起光の光路長を長くすることができる。

【0013】また、レーザ媒質に接して屈折率の小さいクラッド部材を設けることで、レーザ媒質の側面から入射した励起光の多くはレーザ媒質とクラッド部材との界面で全反射し、励起光はレーザ媒質内に閉じ込められる。また、レーザ媒質とクラッド部材との界面には接着物質が設けられていないため、かかる界面における励起光の散乱が防止される。

【0014】本発明の固体レーザ装置は、クラッド部材と略等しい屈折率を有する材料によって平板状に形成され、その一方の主面をレーザ媒質の他方の主面と接して設けられた第2のクラッド部材をさらに備えたことを特徴としても良い。

【0015】レーザ媒質の他方の主面に接して上記クラッド部材と屈折率の等しい第2のクラッド部材を設けることで、レーザ媒質の一方の主面における臨界面角と他方の周面における臨界面角とを略一致させることが可能となる。

【0016】本発明の固体レーザ装置は、集光手段が、光源から出力された光を、レーザ媒質の側面の厚さ方向に集光させる第1の光束変換手段と、前記光源から出力された光を、レーザ媒質の側面の幅方向に集光若しくは拡散させる第2の光束変換手段とを備えたことを特徴としてもよい。

【0017】光源から出力された光を、レーザ媒質の側

面の厚さ方向に集光させる第1の光束変換手段と、レーザ媒質の側面の幅方向に集光若しくは拡散させる第2の光束変換手段とを有することで、レーザ媒質の側面の幅方向にのみ広がりを持った線状、楕円状あるいは長方形状のビームスポットを有する光束を、レーザ媒質の側面に入射させることができる。

【0018】本発明の固体レーザ装置は、上記反射膜が誘電体多層膜であることを特徴としてもよい。

【0019】上記反射膜を誘電体多層膜とすることで、レーザ媒質内で誘導放出される誘導放出光の当該反射膜における反射率を高めることが可能となる。

【0020】本発明の固体レーザ装置は、クラッド部材がYAG結晶から形成されており、レーザ媒質がYAG結晶にYbをドープしたYb:YAG結晶から形成されていることを特徴としてもよい。

【0021】クラッド部材をYAG結晶から形成し、レーザ媒質をYAG結晶にYbをドープしたYb:YAG結晶から形成することで、レーザ媒質と、レーザ媒質より屈折率の小さいクラッド部材とを比較的簡単に形成することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態に係る固体レーザ装置について、図面を参照して説明する。まず、本実施形態に係る固体レーザ装置の構成について説明する。図1は、本実施形態に係る固体レーザ装置の構成図である。

【0023】固体レーザ装置10は、平板状のレーザ媒質12と、レーザ媒質12を挟むように接して設けられた下側クラッド14（クラッド部材）及び上側クラッド16（第2のクラッド部材）と、下側クラッド14の下部に設けられた誘電体多層膜18と、誘電体多層膜18を介して下側クラッド14の下部に設けられたヒートシンク20と、レーザ媒質12を挟んで誘電体多層膜18と対向して配置された出力ミラー22（半透明鏡）と、レーザ媒質12を励起する励起光を出力する半導体レーザ24（光源）と、半導体レーザ24から出力された励起光を集光し、レーザ媒質12の側面に入射させる集光レンズ群26を備えて構成される。以下、各構成要素について詳細に説明する。

【0024】レーザ媒質12は、YAG結晶にYbをドープしたYb:YAG結晶から形成されており、その形状は約5mm角の主面を有し、厚さが約0.3mmの平板状になっている。

【0025】下側クラッド14及び上側クラッド16は、YAG結晶から形成されており、その形状は約5mm角の主面を有し、厚みが約0.2mmの平板状になっている。

【0026】レーザ媒質12の下面（一方の主面）と下側クラッド14の上面（一方の主面）、及び、レーザ媒質12の上面（他方の主面）と上側クラッド16の下面

(一方の主面)は、高温下で圧力をかける方法(拡散結合法)によって互いに接合されている。

【0027】下側クラッド14の下面(他方の主面)には、当該下面全体にわたって誘電体多層膜18が形成されている。誘電体多層膜18は、下側クラッド14の下面側から、屈折率が1.46のSiO₂層と屈折率が2.3のTiO₂層とを交互に10ずつ積層して構成されており、各層は、出力光となる誘導放出光の反射率を高めるべく、層厚と材料の屈折率との積が誘導放出光の波長(1030nm)の4分の1となるような厚さを有している。また、上側クラッド16の上面には、レーザ媒質12内で発生した誘導放出光の反射を防止するために、MgF₂からなる反射防止膜19が形成されている。

【0028】下側クラッド14の下部には、誘電体多層膜18を介して下側クラッド14を覆うように、銅製のヒートシンク20が設けられている。ここで、誘電体多層膜18が設けられた下側クラッド14の下面とヒートシンク20とは、厚さが50μm程度のIn膜28を介して密着されている。

【0029】レーザ媒質12を挟んで上記誘電体多層膜18と対向する位置、より具体的には、上側クラッド16の上面側であって上記誘電体多層膜18と対向する位置には、入射した光の一部を透過させるとともに一部を反射させる出力ミラー22が設けられており、当該出力ミラー22と上記誘電体多層膜18とによってレーザ共振器が構成される。

【0030】半導体レーザ24は、約1cm長の線状のビームスポットを有するレーザ光(波長940nm)を出射する半導体レーザバー30を、CuW製のスペーサ32を介して当該線状の方向(図1の紙面垂直方向。以下z軸方向という)と垂直方向(y軸方向)に6層積層し、銅製のヒートシンク33で挟み込んだ構成となっている。ここで、スペーサ32の厚さが約0.4mmであることから、半導体レーザバー30の積層ピッチも約0.4mmとなる。半導体レーザ24から出力された励起光、すなわち各半導体レーザバー30から出射された励起光は、z軸方向およびy軸方向に拡がりながらx軸方向に進行する。

【0031】半導体レーザ24の前方、すなわち半導体レーザ24の出射面に対向する位置には、半導体レーザ24から出力された励起光を集光し、上記レーザ媒質12の側面に入射させる集光レンズ群26が設けられている。集光レンズ群26は、半導体レーザ24側からマイクロレンズアレイ34、第1のシリンドリカルレンズ36、第2のシリンドリカルレンズ38(第1の光束変換手段)及び第3のシリンドリカルレンズ40(第2の光束変換手段)を順次配置した構成となっている。また、図2は、集光レンズ群26を図1のy軸方向からみた場合の模式的な平面図である。

【0032】マイクロレンズアレイ34は、各半導体レーザバー30の出射面の近傍に、その軸がz軸と平行となるように配置された直径が約0.4mmの円柱状レンズから構成される。ここで、半導体レーザ24は、半導体レーザバー30を6層積層した構成となっているため、マイクロレンズアレイ34も、上記円柱状レンズを6本並べて配置した構成となっている。かかるマイクロレンズアレイ34によって、各半導体レーザバー30から出射され、y軸方向に対して約40°の拡がり角を有する励起光は、y軸方向に集光され、y軸方向に対しては拡がらずに進行する平行光となる。

【0033】第1のシリンドリカルレンズ36は、一方の主面が平面、他方の主面が凸形状の円柱面であるシリンドリカルレンズであり、円柱の底面がxz平面と平行になるように配置されている。第1のシリンドリカルレンズ36によって、半導体レーザ24から出射され、z軸方向に対して約10°の拡がり角を有する励起光は、z軸方向に集光され、z軸方向に対しても拡がらずに進行する平行光となる。

【0034】第2のシリンドリカルレンズ38は、一方の主面が平面、他方の主面が凸形状の円柱面であるシリンドリカルレンズであり、円柱の底面がxy平面と平行になるように配置されている。第2のシリンドリカルレンズ38によって、半導体レーザ24から出射され、マイクロレンズアレイ34、第1のシリンドリカルレンズ36によって平行化された励起光は、レーザ媒質12の側面の厚さ方向、すなわちy軸方向に集光される。

【0035】第3のシリンドリカルレンズ40は、一方の主面が平面、他方の主面が凸形状の円柱面であるシリンドリカルレンズであり、円柱の底面がxz平面と平行になるように配置されている。第3のシリンドリカルレンズ40によって、半導体レーザ24から出射され、マイクロレンズアレイ34、第1のシリンドリカルレンズ36によって平行化された励起光は、レーザ媒質12の側面の幅方向、すなわちz軸方向に集光される。

【0036】従って、集光レンズ群26によって、半導体レーザ24から出力された励起光は、y軸方向、z軸方向のそれぞれに対して独立に集光される。その結果、z軸方向に延びる略線状、楕円状あるいは長方形のビームスポットを有する励起光を形成することができ、かかる励起光はレーザ媒質12の側面のうち、一の側面に入射される。ここで、集光レンズ群26を構成する第1のシリンドリカルレンズ36、第2のシリンドリカルレンズ38及び第3のシリンドリカルレンズ40の位置または焦点距離は、半導体レーザ24から出力された励起光をレーザ媒質12の側面に効率よく入射させるように、適宜調節することが好ましく、特に、レーザ媒質12に対する開口数(N.A.)を0.1以下とすることが好適である。さらに、上記マイクロレンズアレイ34、第1のシリンドリカルレンズ36、第2のシリンド

リカルレンズ3 8及び第3のシリンドリカルレンズ4 0の表面には、励起光の表面反射を防止するために、誘電体多層膜による反射防止膜がコーティングされている。

【0037】レーザ媒質1 2の側面のうち励起光が入射する上記の側面（以下、入射面という）には、入射する励起光の反射を防止するために、 MgF_2 からなる反射防止膜4 2が設けられており、入射面以外の側面には、入射した励起光をレーザ媒質1 2内に閉じ込めるために、 SiO_2 と TiO_2 とからなる反射膜4 4が設けられている。

【0038】続いて、本実施形態に係る固体レーザ装置の作用について説明する。本実施形態に係る固体レーザ装置1 0を使用する場合は、まず半導体レーザ2 4によって励起光を発生させる。半導体レーザ2 4から出力された励起光は、集光レンズ群2 6によって集光され、レーザ媒質1 2の側面に入射される。ここで、集光レンズ群2 6は、励起光をy軸方向に集光する第2のシリンドリカルレンズ3 8と、励起光をz軸方向に集光する第3のシリンドリカルレンズ4 0とを備えることで、励起光束の断面を略線状（あるいは長方形状、楕円状）とすることができ、レーザ媒質1 2の入射面に効率よく励起光を入射させることが可能となる。

【0039】レーザ媒質1 2に励起光が入射し、励起光がレーザ媒質1 2内にドープされたYbイオンに吸収されると、Ybイオンのエネルギー状態が遷移し、誘導放出光が発生する。ここで、レーザ媒質1 2の入射面に入射された励起光は、図3に示すように振る舞う。

【0040】レーザ媒質1 2の入射面には反射防止膜4 2が設けられているため、励起光は当該入射面において反射損失なくレーザ媒質1 2内に入射する。ここで、下部クラッド1 4及び上部クラッド1 6はYAG結晶によって形成されているため、その屈折率は1. 82となる。これに対して、レーザ媒質1 2は、YAG結晶にYbをドープしたYb: YAG結晶から形成されているため、下部クラッド1 4及び上部クラッド1 6に対して、屈折率が0. 1〜0. 2%程度高くなっている。従って、レーザ媒質1 2と下側クラッド1 4との界面、または、レーザ媒質1 2と上側クラッド1 6との界面に臨界角より大きい角度で入射する光は、当該界面で全反射し、レーザ媒質1 2内に閉じ込められることになる。レーザ媒質1 2の側面から入射した励起光は、レーザ媒質1 2内を主面に平行に近い方向に進行するため、レーザ媒質1 2と下側クラッド1 4との界面、または、レーザ媒質1 2と上側クラッド1 6との界面への入射角は大きく、大部分の励起光は当該界面で全反射する。ここで、特に、レーザ媒質1 2に対する開口数（N. A.）が0. 1以下となるように集光レンズ群2 6を設計した場合は、レーザ媒質1 2に入射した励起光のほぼ100%が全反射条件を満たすことになり、励起光が効率よくレーザ媒質1 2内に閉じ込められる。また、レーザ媒質1

2の入射面以外の側面に反射膜4 4が設けられていることで、入射面に対向する面に到達した励起光は反射膜4 4によって反射され、再度入射面の方向に進行する。その結果、レーザ媒質1 2内を進行する励起光の光路長を極めて大きくすることが可能となる。また、レーザ媒質1 2と下側クラッド1 4との界面、または、レーザ媒質1 2と上側クラッド1 6との界面にIn膜等の層を設けず、屈折率の変化によって励起光をレーザ媒質1 2内に閉じ込めることにより、かかる界面で励起光が散乱することが防止される。また本構成は、下側クラッド1 4と上側クラッド1 6とをYAG結晶で形成し、レーザ媒質1 2をYAG結晶にYbをドープしたYb: YAG結晶で形成することから、特殊な製造プロセス等が不要であり、比較的簡単に形成することができる。

【0041】誘導放出によって発生した波長1030 nmの光は、誘電体多層膜1 8と出力ミラー2 2とを介する共振作用によって増幅され、レーザ媒質1 2の主面の法線方向、すなわち図1のy軸方向にレーザ光として出射される。この際、共振器を構成する反射鏡として誘電体多層膜1 8を設けることで上記1030 nm波長光のみを効率よく反射させることができるとともに、上側クラッド1 6の上面に反射防止膜1 9が形成されていることで、上側クラッド1 6の上面でレーザ光が反射されることが防止される。

【0042】レーザ発振が生じている間、レーザ媒質1 2はヒートシンク2 0によって冷却される。ここで、レーザ媒質1 2は平板状となっていることで、ロッド状のレーザ媒質と比較して、レーザ媒質1 2全体が極めて効率よく冷却される。ここで、レーザ媒質1 2の厚さ、ヒートシンク2 0の冷却能等によって、レーザ媒質1 2内にわずかな温度勾配が生じる場合も考えられるが、かかる温度勾配は、レーザ媒質1 2の厚さ方向、すなわち図1のy軸方向への1次元的な温度勾配であり、y軸方向に出射されるレーザ光に対しては、熱レンズ効果、レーザ媒質1 2の熱変形等による影響を何ら及ぼすものではない。

【0043】続いて、本実施形態に係る固体レーザ装置の効果について説明する。本実施形態に係る固体レーザ装置1 0は、半導体レーザ2 4から出射された励起光を第2のシリンドリカルレンズ3 8によってy軸方向に集光させ、第3のシリンドリカルレンズ4 0によってz軸方向に集光させる。従って、励起光のビームスポットを略線状、楕円状あるいは長方形状とすることができ、レーザ媒質1 2の一の側面である入射面に均一かつ効率よく励起光を入射させることが可能となる。その結果、固体レーザ装置1 0の励起効率が向上する。

【0044】また、本実施形態にかかる固体レーザ装置1 0は反射光を側面から入射させるとともに、レーザ媒質1 2を、該レーザ媒質1 2よりも屈折率の低い下部クラッド1 4及び上部クラッド1 6で挟む構造を有し、ま

た、レーザ媒質12に対する開口数(N. A.)が0.1以下となるように集光レンズ群26を設計している。従って、励起光は、レーザ媒質12と下側クラッド14との界面、または、レーザ媒質12と上側クラッド16との界面でほぼ100%全反射して進行する。また、レーザ媒質12の入射面以外の側面に反射膜44が設けられていることで、入射面に対向する面に到達した励起光は反射膜44によって反射され、再度入射面の方向に進行する。その結果、レーザ媒質12内を進行する励起光の光路長を極めて大きくすることが可能となり、励起効率が向上する。さらに、集光ミラー、反射ミラー等の特別な光学手段を設けることなくレーザ媒質12内を進行する励起光の光路長を極めて大きくすることができることから、装置の小型化も実現する。

【0045】さらに、本実施形態に係る固体レーザ装置10は、レーザ媒質12と下側クラッド14及び上側クラッド16とを密着させる際に接着物質等を用いていないため、当該界面で励起光が散乱することが防止される。その結果、散乱による光の損失が押さえられ、励起効率が向上する。

【0046】また、本実施形態に係る固体レーザ装置10は、共振器を構成する反射鏡として誘電体多層膜18を用いることで誘導放出光のみを効率よく反射させ、レーザ発光効率を向上させることが可能となる。

【0047】本実施形態に係る固体レーザ装置10と上記従来技術に係る固体レーザ装置1との効率を比較してみると以下ようになる。上記従来技術に係る固体レーザ装置1は、半導体レーザから発せられた励起光を光ファイバに導光する際の光結合効率が約80%、光ファイバの出力端から出力された励起光を集光ミラー3、反射ミラー4を介してレーザ媒質6に入射させる際の入射効率が約70%、レーザ媒質6における励起光の吸収効率が約90%であることから、これらの各効率を掛け合わせることで、励起効率は約50%となる。

【0048】これに対して、本実施形態に係る固体レーザ装置10は、半導体レーザ24から出力された励起光を集光レンズ群26を介してレーザ媒質12に入射させる際の入射効率が約95%、レーザ媒質12における励起光の吸収効率が約99%であることから、これらの各効率を掛け合わせることで、励起効率は約94%となり、上記従来技術に係る固体レーザ装置1と比較して、励起効率が極めて高くなる。

【0049】上記実施形態に係る固体レーザ装置10においては、レーザ媒質12を下側クラッド14と上側クラッド16とで挟んだ構成をとっていたが、図4に示すように、上側クラッド16を設けない固体レーザ装置50のような構成をとっても良い。上側クラッド16を設けない場合であっても、レーザ媒質12の屈折率が空気の屈折率(1.00)よりも大きいことから、臨界角以上の入射角を持ってレーザ媒質12と空気との界面に入

射する励起光は、かかる界面で全反射し、レーザ媒質12内に閉じ込められる。

【0050】また、上記実施形態に係る固体レーザ装置10においては、第3のシリンドリカルレンズ40は、凸形状の主面を有するレンズであったが、これは凹形状の主面を有し、半導体レーザ24から出力された励起光をレーザ媒質12の側面の幅方向に拡散させるのもであっても良い。半導体レーザバー30が出射する励起光のz軸方向への拡がり角がレーザ媒質12の側面の幅よりも小さい場合は、かかる凹形状の主面を有するシリンドリカルレンズを用いてビームスポットをレーザ媒質12の側面の幅方向に拡散させることで、レーザ媒質12の側面に均一かつ効率よく励起光を入射させることができる。

【0051】さらに、上記実施形態に係る固体レーザ装置10においては、レーザ媒質12の母結晶としてYAG結晶を用いていたが、これはYLF、YVO₄、SFAP、サファイア、ガラス、アレキサンドライト、フォルステライト、ガーネットなど、固体レーザ装置のレーザ媒質として通常用いられる様々な材料を用いても実現可能である。特に、クラッド材として、YAG結晶よりも屈折率が小さく、熱伝導度の高い単結晶サファイア等を用いる場合は、極めて励起効率が高くなり、高出力な固体レーザ装置が実現する。

【0052】また、ドープする元素についてもYbに限らず、Nd、Er、Ho、Tmなどの他の希土類元素や、Cr、Tiなどの遷移元素を用いることも可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明の固体レーザ装置は、励起光を平板状のレーザ媒質の側面に入射させ、レーザ媒質に接して屈折率の小さいクラッド部材を設けることで、励起光をレーザ媒質内に閉じ込め、レーザ媒質内を通過する励起光の光路長を長くすることができる。その結果、励起効率の高い固体レーザ装置が実現する。また、励起光の光路長を長くするために、反射ミラー等の特別な光学手段を設けることが不要であり、固体レーザ装置を小型に構成することが可能となる。

【0054】また、本発明の固体レーザ装置は、レーザ媒質の他方の主面に接して上記クラッド部材と屈折率の等しい第2のクラッド部材を設けることで、レーザ媒質の一方の主面における臨界角と他方の周面における臨界角とを略一致させることが可能となる。その結果、レーザ媒質内に励起光を均一に通過させることが可能となり、励起効率が向上する。

【0055】また、本発明の固体レーザ装置は、光源から出力された励起光を、第1の光束変換手段によってレーザ媒質の側面の厚さ方向に集光させ、第2の光束変換手段によってレーザ媒質の側面の幅方向に集光若しくは拡散させることで、レーザ媒質の側面の幅方向にのみ拡

がりを持った略線状、楕円状あるいは長方形のビームスポットを有する光束を形成し、レーザ媒質の側面に均一かつ効率よく入射させることができ、励起効率が向上する。

【0056】さらに、本発明の固体レーザ装置は、上記反射膜として誘電体多層膜を用いることで、レーザ媒質内で放出される光の反射率を選択的に高めることが可能となり、レーザ発生効率が向上する。

【0057】さらに、本発明の固体レーザ装置は、クラッド部材をYAG結晶、レーザ媒質がYAG結晶にYb 10をドープしたYb:YAG結晶から形成することで、固体レーザ装置を比較的簡単に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 固体レーザ装置の構成図である。

【図2】 集光レンズ群の模式的な平面図である。

【図3】 レーザ媒質内の光の経路を示す説明図である。

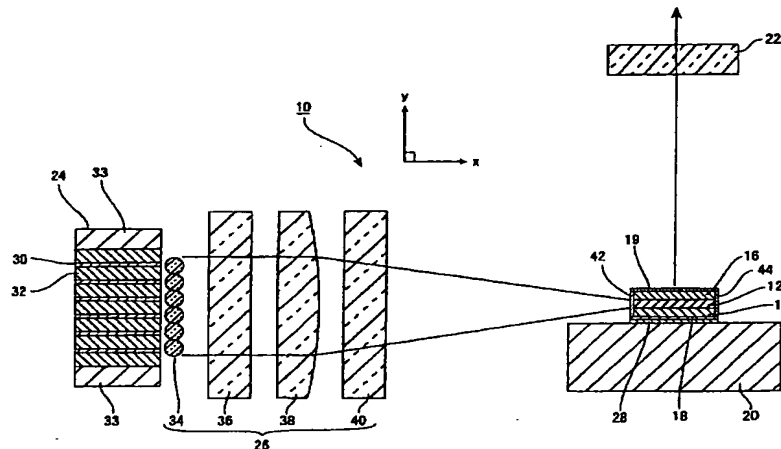
【図4】 固体レーザ装置の構成図である。

【図5】 従来の固体レーザ装置の構成図である。

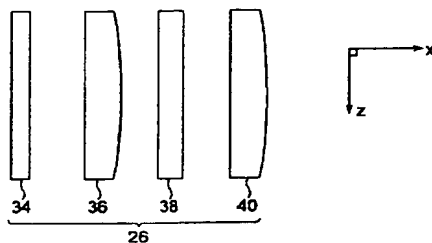
【符号の説明】

10、50…固体レーザ装置、12…レーザ媒質、14…下側クラッド、16…上側クラッド、18…誘電体多層膜、19…反射防止膜、20…ヒートシンク、22…出力ミラー、24…半導体レーザ、26…集光レンズ群、28…In膜、30…半導体レーザバー、32…スペーサ、33…ヒートシンク、34…マイクロレンズアレイ、36…第1のシリンドリカルレンズ、38…第2のシリンドリカルレンズ、40…第3のシリンドリカルレンズ、42…反射防止膜、44…反射膜

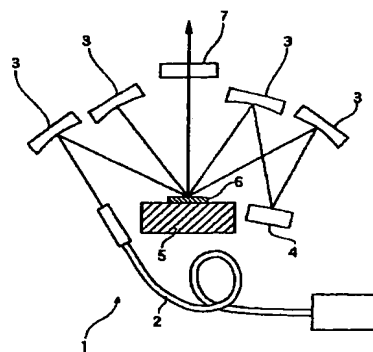
【図1】



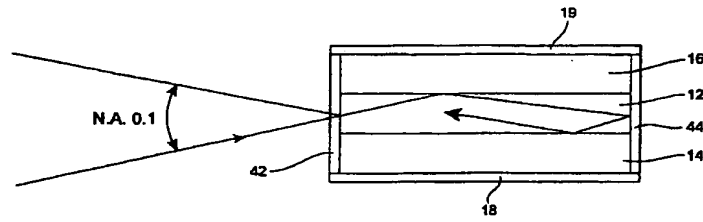
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

